

# 木曾のシュミット望遠鏡 [II]

## 機械系および光学系

野 口 猛\*

### 1. まえがき

木曾観測所の 105 cm シュミット望遠鏡は北緯 35 度 47.7 分, 東経 137 度 37.7 分, 標高 1130 m (メートル) に設置されている。制御系にはミニコンを導入しており, 多くのオートモードでの操作機能を持っているので, 観測者は短期間に観測テクニックを習得して効率良い観測を行うことができる。

光学系で特筆すべきは主鏡材にセルピットを使っていること, 補正板の紫外部透過率が良く 7 種に及ぶカラーシステムを備えていること, 筒先に対物プリズムを装着してスペクトル写真を撮れることであろう。

機械系での特色は赤経赤緯の粗微動用ウォームに取付けてある高精度エンコーダーの情報から, 極軸測定, ギャー系のピッチエラー測定, 駆動系のタイムラグ等々望遠鏡調整の基礎資料を得ていることである。概略の説明ではあるがドームと望遠鏡と撮影済み乾板の管理について紹介したい。

### 2. ドームおよび建物の概要

シュミット望遠鏡を格納している建物は地下一階地上三階の円筒形建物で, 直径 16.2 m の円形レール上に 20 台の台車 (内駆動装置付 8 台) で支えられて, 半球型のドームが風雪を凌いでいる。ドームの表面はステンレス板 (2 mm 厚) を溶接して造られており, 太陽光を反射させてドーム内へ熱の進入を妨げている。さらにドーム壁は二重になっていて内壁部には特殊断熱材等を貼り付けて断熱効果を高めている。また二重構造内の暖められた空気は 13 台の強力ファンにより屋外に放出され, 夕方観測開始時には速かに外気温と置換するよう設計されている。ドーム回転は 1 周約 4 分で動き, その現在値はアブソリュートエンコーダーによって検出され, オートモードで動かす場合, 時々刻々と変化する望遠鏡の方位に合わせて自動的にミニコン制御が行われる。

ドーム扉は上下 2 本の水平レール上に乗っていて, 2 台のモーターが独立したパワーシリンダーを動かして左右に開閉させる。開口幅は 4 m で開閉所要時間は 1 分である。

ウィンドスクリーンは上下 2 枚を独立して動かすことができる。ウィンドスクリーン位置はシンクロレゾルバの出力を A/D 変換して位置検出を行っているので, やはりオートモードで動かすと便利である。

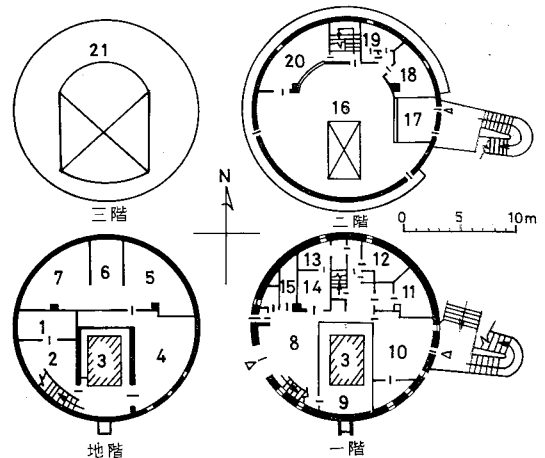
ドーム回転やクレーンなどの動力源および照明などの電源はダクトシューと称している集電装置によって供給されている。ダクトシューは上記電源の他各種動作および表示信号の伝達にも使われている。

次に建物の概略を紹介しよう。図 1 は各階の平面図である。表 1 に室番号と室名との対応表を示す。

機械室には結露防止用乾燥空気装置および PIO 内蔵時計の停電時用バッテリーが設置してある。

望遠鏡ピアーは望遠鏡不動点下 6 m に表面があり, その上に総重量約 70 t (トン) の望遠鏡が架台と共に乗っている。ピアーは東西 3.2 m 南北 4 m, 重量 170 t で建屋とは別にコンクリートパイルを経て地下 21.5 m の岩盤に支えられている。

乾板貯蔵室には 5 台の冷凍庫 (-15°C) が置いてあり, 各種乾板は箱の上に霜が付くのを防ぐため, ビニール袋で覆って保存している。



1 電気室	8 作業室	15 純水室
2 機械室	9 アンブリー	16 観測室
3 望遠鏡ピアー室	10 待機室	17 観望室
4 機械工作室	11 自動現像暗室	18 較正暗室
5 倉	12 試験現像暗室	19 装填暗室
6 電気工作室	13 増感暗室	20 制御室
7 乾板貯蔵室	14 ベーキング室	21 観測回廊

図, 表 1 シュミット望遠鏡室各階平面図と各室名表

\* 東京天文台木曾観測所 T. Noguchi: The 105 cm Schmidt at Kiso Station, Tokyo Observatory (II)-Mechanical and Optical Parts.

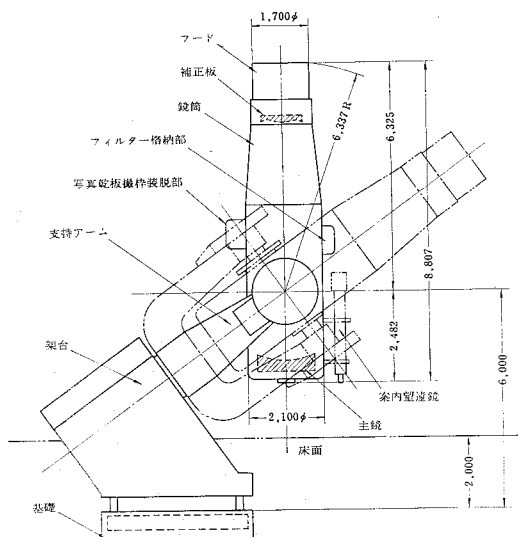


図 2 シュミット望遠鏡概略外観図 (寸法単位 mm)

表 2 各部概略重量表

主鏡枠 (硝子, 支持装置含む)	5 t
センターピース (乾板部含む)	6
円錐筒 (フード, 補正板含む)	4
プリズム回転部 (バランスを含む)	1
鏡筒部バランス	3
赤緯軸軸受 (2 個)	5
赤緯軸駆動装置	3
赤緯軸バランスウェイト	3
フォーク腕及び極軸	14
極軸駆動用大型歯車および駆動装置	7.5
極軸軸受 (2 個)	9.5
架台及び埋込枠	8
総合計	69 t

純水室にはイオン交換樹脂による純水装置と給水用純水タンクが設置されていて各室純水蛇口へ配水される。

作業室には西入口の大扉を開けるとトラックが直接出入できて、建物のクレーンを使って重量物の運搬が容易にできるよう設計してある。

観測室の床面は望遠鏡不動点下 4 m にあり、2 本のレールが東西に敷かれていて、その上を主鏡運搬台車が移動できる。また望遠鏡に乾板撮持を装着する時や作業時に使う電動フォークリフトが 1 台、そしてガイド時に使用する観測台 1 台が観測室内を移動する。

観測回廊は望遠鏡不動点下 1.5 m にあり、ここでプリズム交換、フードキャップ取外し等の作業を行う。

### 3. 望遠鏡の諸性能

図 2 に望遠鏡の外観寸法と表 2 に各部の概略重量を示す。以下数項目にわたり望遠鏡の光学系および機械系の諸性能を述べることにする。

#### (1) 光学系

主望遠鏡と案内望遠鏡の光学性能を抜萃して下記に示す。望遠鏡の光学系のうち大半は日本光学工業 K.K. で研磨されたものであるが、プリズムは英国のグラブ・パーソンズ社が研磨した。

a) 形式	シュミット式	カセグレン式
口径	1,050 mm	1,050 mm
焦点距離	3,300 mm	23,760 mm
F 比 (明るさ)	F/3.1	F/22.6
視野	6° および 4°	10'

b) 補正板	
有効径	1,050 (実直径 1,140) mm
厚さ	20 mm
形状	色収差極小型 (基準波長 4358 Å)
面精度	$\lambda/2 \sim \lambda$
表面処理	両面アンバー・コート
材質	UBK-7
重量	50 kg

c) 主鏡	
球面鏡	表面アルミ蒸着
有効径	1,500 (実直径 1,550) mm
中心厚	240 mm
焦点距離	3,292 mm
面精度	$\lambda/8$ 以内
材質	CER-VIT
重量	1,350 kg

d) 副鏡	
双曲面鏡	表面アルミ蒸着
有効径	175 (実直径 190) mm
中心厚	30 mm
焦点距離	-580.6 mm
面精度	$\lambda/8$
材質	低膨張係数耐熱ガラス
重量	1.7 kg

e) フィルター	
大きさ	390 mm 角 50 mm 角
厚さ	約 2 mm 約 2 mm

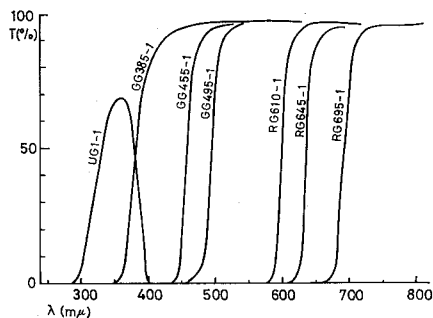


図 3 フィルター分光透過率曲線 (実測値)

個数 7種各2枚 7種各2枚  
 透過率 実測値を図3に示す

f) 対物プリズム (1)

頂角 2°  
 有効径 1,050 (実直径 1,100) mm  
 厚さ 69.6~30.8 mm  
 面精度  $\lambda/5$   
 分散度 800 Å/mm (波長  $H\gamma$ )  
 材質 BK-7  
 重量 121 kg

g) 対物プリズム (2)

頂角 4°  
 有効径 1,050 (実直径 1,100) mm  
 面精度  $\lambda/3$   
 分散度 180 Å/mm (波長  $H\gamma$ )  
 材質 F2  
 重量 245 kg

h) 案内望遠鏡 (2組)

形式 屈折式  
 口径 200 mm  
 焦点距離 3,300 mm  
 フィールド用接眼 (2本, 90° 間隔)  
 倍率 41倍 視界 1°5'  
 10' 角格子型焦点鏡および可変照明付  
 ガイド用接眼  
 接眼鏡 K-25 O-13 O-9  
 倍率 132倍 254倍 367倍  
 ダブルスライド移動量 ±30 mm  
 ダブルスライド読取 1目1' (副尺 0.1)  
 投影式焦点鏡 十字および并桁, 線間隔 3' と 6''  
 投影倍率 1倍 可変照明付  
 焦点鏡回転 回転角 90° 1目盛 5°  
 焦点鏡移動量 ±5 mm (電動)  
 焦点鏡移動速度 高速 (0.3~3.3 μ/秒)  
 低速 (0.06~0.6 μ/秒)  
 焦点鏡像回転プリズム 回転角 90°

i) 広視野案内望遠鏡 (2本)

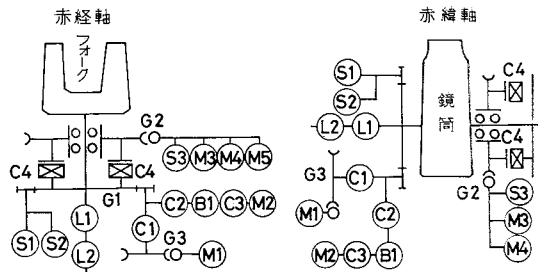
口径 50 mm 視界 7°16' 倍率 7倍 十字線付

(2) 機械系

ここで少し機械系について述べることにする。機械構造を理解するには現物を見るのが一番で、次に写真とか図面を見ることであろう。しかし紙面の都合でその多くを割愛することを最初に断っておく。機械系主要部分は日本光学工業 K.K. が製作した。対物プリズム金枠および回転装置は法月鉄工所が受持った。

a) 赤道儀架台

形式 フォーク式



G1 大スパーギヤ G2 大ウオームギヤ G3 早廻ウオームギヤ C1 早廻クラッチ C2 機械式クラッチ C3 トルクモータクラッチ C4 大クラッチ M1 早廻モータ M2 トルクモータ M3 微動モータ M4 粗動モータ M5 時計モータ S1 精シンクロゾルバ S2 粗シンクロゾルバ S3 0.1'検出エンコーダ B1 逆作動ブレーキ L1 電気リミット S.W L2 水銀リミット S.W

図4 駆動系統図

表3 駆動系の作動モード

作動モード	電源状態 (○=ON, ×=OFF)					軸の結離
	M2	C1	C3	C4	B1	
Q 駆動	×	○	×	×	○	結
S, F 駆動	○	×	○	○	○	結
電氣的フリー	×	×	×	×	○	結
機械的フリー	×	×	×	×	×	離
MAIN OFF	×	×	×	×	×	結

方位修正量 ±30' ピッチ 4.5 mm (5.8')

高度修正量 ±30' ピッチ 6.0 mm (8.2')

赤経目盛環 時角目盛 (1目5分) 外径 150 cm

赤緯目盛環 角度目盛 (1目1°) 外径 150 cm

赤経軸回転角 ±150°

赤緯軸回転角 -49°10' ~ +120°50'

両軸共上記表示は電氣的制限範囲であり、機械的制限はさらに ±4° の拡がりをもつ。また電氣的制限としてはこの他に水銀スイッチ (以下 S.W. と略記する) による高度制限 (高度 5° ±1°) がある。

極軸調整

極軸の位置はカーチス法および  $da/dt$ ,  $d\delta/dt$  法 (極軸測定法の説明は稿を改めて光学諸テストで行う) によって求められる。それらの修正量をオートコリメーターを使って現在位置から相対的に各修正ネジ (方位修正ネジは2本の押引ネジ, 高度修正ネジは架台四隅のナット付ネジ) で調整する。調整作業中に極軸端面に取付けたガラスターゲットおよびオートコリメーターが動かないよう細心の注意を要する。望遠鏡の重量は架台中央の球軸受でほぼ支持されている。修正ネジは修正後固く締めて、さらに1日後に再度締付けなくてはならない。

b) 駆動装置

図4に駆動系統図をアルバム写真1に赤経駆動系の実

物写真を示す。また駆動系のモードと各パーツの噛合せの表を表4にまとめてみた。対比しながら見ると理解し易いと思う。赤経赤緯の回転軸は次の3種類で駆動されている。Q 駆動（早廻し）、S 駆動（粗動）、F 駆動（微動）、これらの駆動を我々は単に Q、S、F と呼んでいる。これらの他に赤経には時計駆動がある。

Q 駆動 赤経赤緯共に 90°/分 起動および停止時、オートモード時の S 駆動切換えは徐々に変速する

S 駆動 赤経赤緯共に 1°/分

F 駆動 共に 4速 1, 2, 4, 6"/秒

時計駆動 制御系は商用電源 (60 Hz) で恒星時追尾

精度は周期誤差 1' 以内である。

位置検出 赤経 0.1 m 赤緯 1'

プリロード S、F 時にトルクモータを作動させる。

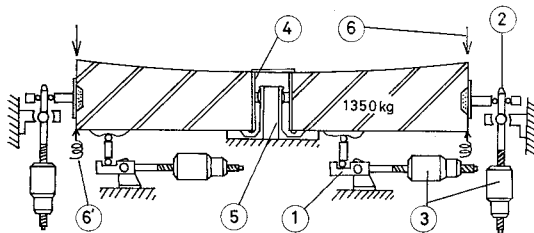
赤経は東向、赤緯は南向のプリロードをかける。

0.1" 検出 赤経赤緯の S、F 用ウォーム軸にあるインクリメンタル・エンコーダーにより検出する。

手動 電氣的クランプをフリーにするか、停電時に機械的クランプをフリーにするを手動で望遠鏡を動かすことができる。バランス測定、各作業時のタイパー固定、停電時の格納などに使用する。フリーにする際は常にバランスに配慮しなくては危険だ。望遠鏡の固定 レスト位置 (時角 0 時 0 分、北向き高度約 7°) および天頂位置の 2 箇所望遠鏡を固定できる。固定には 3 種類のタイパーを使う。各種作業前には必ずタイパーで固定しないと危険である。

c) 主鏡支持装置

主鏡の支持は完全フローティング方式で底面 (バックサポート) の 18 点平衡重錘とバネによるプリロード、側面 (エッジサポート) 主鏡保持バンドに付いている 18 点平衡重錘により支持されている。位置規正は光軸に垂直な面を主鏡中央穴の芯金で、光軸方向はインバー棒により規正されている。平衡重錘支持装置原理を図 5 に示す。インバー棒は線膨張率  $1 \times 10^{-6} \text{ deg}^{-1}$  という低膨張係数材で、主鏡前面の 3 箇所を均等に押えるよう設計してある。インバー棒の自重はバネにより吊上げられており、主鏡底面にも 3 箇所補助スプリングが取付けられ



① バックサポート ② エッジサポート ③ バランス用錘 ④ 保護円筒 ⑤ 芯金 ⑥ インバー棒 ⑦ 補正スプリング

図 5 主鏡支持原理図

ている。長さ調節はネジピッチ 0.5 mm、ストローク 25 mm で調節できる。調整量はマイクロメーターヘッドで 0.01 mm にまで読取れる。

d) 主鏡カバー

形式 3 枚セグメント式 電動

動作時間 開閉共に 32 秒

e) 主鏡セル

主鏡セルは鏡を入れたまま洗浄作業が行えるよう設計されている。主鏡セルを中央鏡筒部から取外す際に、油圧昇降装置付の主鏡運搬台車 (アルバム写真 2) を使う。

f) 内蔵フィルター挿脱機構 (アルバム写真 3)

形式 3 本アーム式 電動 所定の位置へ選択されたフィルター枠 1 本のみを挿脱する。

動作時間 最高 42 秒

フィルター枠 F0 内蔵フィルター枠を使用しない

F1 UG-1 (ショット色ガラス)

F2 RG-645 (同上)

F3 RG-695 (同上)

g) 合焦機構 (アルバム写真 4)

形式 直進ヘリコイド式 電動

広域合焦区域 ±25 mm (内蔵フィルター枠不使用時または副鏡取付時の合焦可動量)

狭域合焦区域 -4~+25 mm (内蔵フィルター枠使用時の合焦可動量)

フィルター枠挿脱可能位置 0~25 mm

移動速度 粗動 0.23 mm/秒 微動 0.03 mm/秒

移動量表示 合焦位置はアブソリュート・エンコーダーで検出して、0.01 mm 単位で表示する。

自動合焦 ポインティングの際に予め計算機に入力してある各フィルター枠に対するフォーカス値へ自動的に合焦させる。

調整装置 偏心および傾斜調整が行える

h) キャリッジ移動機構

形式 ワイヤーによるフリクション駆動でレールに沿って移動して合焦部に固定する。電動

撮枠固定方式 3 点コーン式およびバネによるプリロード、引蓋固定用ピンを入れると自動的に撮枠はキャリッジに固定される。

移動時間 30 秒

乾板番号 キャリッジ・インへ移動途中に撮枠の一部でマイクロ S.W. を押すことにより乾板番号用電磁カウンターは 1 カウントアップする。焼込はキャリッジ・アウトの途中でマイクロ S.W. を押して、電磁カウンターの信号通りアイトロンを閃光させる。

移動時間 30 秒

乾板番号 キャリッジ・インへ移動途中に撮枠の一部でマイクロ S.W. を押すことにより乾板番号用電磁カウンターは 1 カウントアップする。焼込はキャリッジ・アウトの途中でマイクロ S.W. を押して、電磁カウンターの信号通りアイトロンを閃光させる。

i) シャッター

形式 両開式 電動式巻上げ機構中にマグネットクラッチを採用してあり、停電時にはそれが外

れるので機械的にシャッター幕を閉じる。

動作時間 13 秒

#### j) 補正板金枠

偏心調整 補正板の光軸中心と鏡筒機械中心とを一致させるために、補正板金枠外周に4箇所の偏心調整装置が付いている。各々の偏心微調ネジは対物プリズム筒外周の保守点検窓より調整を行う。

除曇装置 スペースヒーターによる金枠加熱方式

#### k) プリズム回転機構

形式 1 サイクロン モーターによる回転角制御

御方式 電動 手動(作業時に切換える)

停止位置  $\alpha + (\text{東})$   $\alpha - (\text{西})$   $\delta + (\text{北})$   $\delta - (\text{南})$   
の4箇所で( )内は頂角の方向を示す

停止位置精度  $\pm 1'$

移動時間  $90^\circ / 2 \text{ min}$

プリズム交換 回転台には3種類の金枠( $2^\circ$ ,  $4^\circ$ およびダミーウエイト)が取付く。それらの交換作業風景をアルバム写真5に示す。各プリズム重量が違うので交換作業時に必ずバランス調整を行う。バランス調整はバネ秤で1kgまで測定しながら調整してある。

#### l) 乾燥空気供給装置

形式 シリカゲル吸着方式 除湿装置2塔

除湿能力 8時間 それ以上は再生済み除湿塔切換

吹出口 主鏡上面, 円錐筒, 補正板外表面, 各吹出口は単独でも作動できる。

温風 補正板外表面用の乾燥空気は補正板に付着する霜露を防ぐため加熱して温風にできる。

#### m) 副鏡の取付け(アルバム写真6)

キャリッジ部扉の手前に副鏡取付作業用扉がありそこから鏡筒内に入る。副鏡および副鏡基部は常時鏡筒内に格納してある。先ず副鏡基部を合焦部先端に取付けて次に副鏡本体を固定する。作業後は副鏡格納位置の固定と副鏡キャップを鏡筒外に持ち出すことに注意する。副鏡取付後フィルター枠は電氣的制限により動かさない。

#### n) エマージェンシー S.W.

不測の事態に際し緊急に望遠鏡の動作を止めるためにこのS.W.で電源を落す。S.W.の所在は操作盤の他に架台部東側面, 鏡筒先端対物プリズム筒東側面, 鏡筒内部焼込装置駆動箱パネル面に付いている。

### 4. 撮影済み乾板とそのデータ管理

テスト観測中に撮った玉石混淆の乾板は600枚を算えようとしている。これらの乾板は本館の乾板保存庫のスチール棚に、タイベック社の白色合成紙袋に入れて納めてある。室温と温度を記録したり、スチール棚の中に塵、埃類が積らないようガラス戸の新設など検討しなが

ら乾板の長期保管のための最適環境を研究中である。

乾板の取扱いはサイズが大きくて薄いので自重で破損することが多く十分注意が必要である。また指紋を付けぬよう白手袋をはめたり、乾板を前にして口角泡を飛ばしての議論を慎しんだりの配慮も必要である。

原板からは必要に応じてコピーが作られる。コピー作りの技術も大変で原板に忠実なコピーを作るため数々の試みがなされてきた。限界等級が僅に(0.5等位)おちる程度までのコピーを作ることができる。原板通りのコピーを作る技術開発は今後も続けられるであろう。

次に撮影済み乾板の観測データをどのように管理していくかを述べてみよう。将来増加する測定機利用を考慮して観測データの管理を計画しなくてはならない。幸いなことに望遠鏡を制御しているミニコンから多くのデータを紙テープで出力できる。出力したデータは濃度校正焼込および現像処理などのデータを加えて再編集して、本館の測定機室にあるMT(磁気テープ)に書込んで管理する。MTの中での乾板1枚分のデータが占めるエリアを十分にとり、測定結果等のリマークがその上に新しく書加えられるよう配慮しなくてはならない。MTも保管用のマスターテープとそのコピーである作業テープの2種類を作っておき、常時は作業テープを使用してデータ管理プログラムを実行させる。管理プログラムも天域区分, 乾板番号別, 各カラーシステム別等数種類の用途別分類プログラムを用意して、利用者の都合の良い分類リストを選択できるよう計画している。管理プログラムもさることながら、その基礎となる観測データの蓄積形式を今再検討中である。

### 5. あとがき

望遠鏡が実動し始めて1年半、部品の初期不良による故障はそろそろ少くなり観測技術も確立しつつある。大きな問題点も一応の解決のめどがついている。現在残された問題は細部にわたって最後の詰めを行うことである。本観測開始までに残された問題点を少しでも解決してよりよい環境作りをしたいものである。

尚、この望遠鏡に対して行った多数のテストについては、稿を改めて詳しく紹介される予定である。

### 掲 示 板

#### 名古屋大学理学部物理学教室助手公募

専門分野……赤外線天文学 主に気球・ロケット観測。  
決定後なるべく早い時期に着任, 任期6 $\pm$ 2年。  
提出書類……略歴, 論文リスト, 主要論文別刷, 研究計画, 他薦の場合は推薦書。問い合わせは早川幸男まで,  
提出先……〒464 名古屋市中種区不老町 名古屋大学  
理学部 小林ひろ美 昭和52年4月30日締切。